



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 53 834 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
B 22 C 7/00

②① Aktenzeichen: 198 53 834.0
②② Anmeldetag: 21. 11. 1998
④③ Offenlegungstag: 31. 5. 2000

DE 198 53 834 A 1

⑦① Anmelder:
Ederer, Ingo, 80799 München, DE; Höchsmann,
Rainer, 86682 Genderkingen, DE; Kudernatsch,
Alexander, 86163 Augsburg, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 197 23 892 C1
US 42 47 508
EP 04 31 924 B1
WO 88 02 677 A3

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum Herstellen von Bauteilen durch Auftragstechnik

⑤⑦ Verfahren zum Herstellen von Bauteilen, insbesondere von Gießformen oder Gießkernen, durch Auftragstechnik sowie zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung. Das Verfahren weist die folgenden Schritte auf: Ablagern einer Schicht eines schüttfähigen Partikelmaterials in einem Bereich auf einer Bauunterlage; vollflächiges Auftragen eines Bindermaterials auf die Schicht von Partikelmaterial; Auftragen eines das Bindermaterial aushärtenden Härters in Form flüssiger Tröpfchen mittels eines verfahrbaren Dosiergeräts auf die Schicht von Partikelmaterial und Bindermaterial in einem ausgewählten Teilbereich des Bereichs, derart, dass Bindermaterial und Partikelmaterial eine verfestigte Struktur bilden, wo der Härter aufgetragen wird; Fertigen weiterer Schichten jeweils durch Wiederholen der vorangehend genannten drei Schritte, wobei eine weitere Schicht von Partikelmaterial jeweils auf der vorangehenden Schicht abgelagert und der Härter gegebenenfalls in einem anderen Teilbereich als bei der vorangehenden Schicht aufgetragen wird; und Trennen der verfestigten Struktur von nicht verfestigten Anteilen des Partikelmaterials.

DE 198 53 834 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen von Bauteilen, insbesondere von Giessformen oder Giesskernen, durch Auftragstechnik sowie eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung.

Ein herkömmliches Herstellungsverfahren für Giessformen oder Giesskerne, z. B. für den Metallguss, besteht darin, dass Croning-Sand, ein pulverförmiges Material aus von Kunstharz umhüllten Giessanden, wie Quarz- oder Zirkonsand, in Kästen abgefüllt wird. Eine Negativform des Gussstückes wird dadurch erzeugt, dass ein Positivmodell des zu fertigenden Bauteils in den Kasten eingesetzt und in den Croning-Sand eingebettet wird. Die gesamte formbildende Croning-Sand-Füllung des Kastens wird dann üblicherweise in einem Arbeitsgang durch Erhitzen ausgehärtet. Die Fertigung des Positivmodells erfolgt mit herkömmlichen Verfahren des Modellbaus, wie NC-Fräsen oder NC-Drehen, und ist daher zeitaufwendig und teuer.

Um Giessformen, Modelle oder andere Bauteile schneller und günstiger herzustellen, wurden Verfahren der schichtweisen Auftragstechnik, sogenannte Rapid-Prototyping Verfahren entwickelt. Jede Schicht wird erzeugt, indem zunächst vollflächig Material auf der Unterlage bzw. der vorangehenden Schichtebene abgelagert wird. Dieses Material wird dann selektiv, d. h. nur in ausgewählten Bereichen der Unterlage bzw. der vorangehenden Schichtebene, mit der vorangehenden Schicht bzw. mit angrenzendem Material der aktuellen Schicht gebunden. Durch das schichtenweise Aufbauen des zu erstellenden Gegenstandes ist es ohne Schwierigkeiten möglich, mit Hohlräumen und Hinterschneidungen versehene komplexe Gebilde herzustellen.

Ein bekanntes Rapid-Prototyping Verfahren ist z. B. das Selektive-Laser-Sinter-Verfahren (SLS) gemäss WO 88/02677. Bei dem SLS-Verfahren wird ein Sintermaterial in einer Schicht aufgetragen und unter Einbringen von Energie mit einem schwenkbaren Laserstrahl selektiv angeschmolzen und dadurch gebunden. Dieser Vorgang wird schichtenweise wiederholt, um ein räumliches Bauteil auszubilden.

Grundsätzliche Nachteile des SLS-Verfahrens sind die aufwendige Maschinerie mit Laserscantechnik und die durch die eingeschränkte Schwenkbarkeit des Lasers hervorgerufene Begrenzung der maximal zu erstellenden Bauteilgrösse. Darüber hinaus lassen sich einige Materialien mittels dieses Verfahrens nicht verarbeiten, da sie bei zu geringen oder bei zu hohen Temperaturen schmelzen. Geringe Schmelztemperaturen führen zu schlechten Fertigungsgenauigkeiten, hohe Schmelztemperaturen verlangen einen hohen apparativen Aufwand und führen zu einer geringen Fertigungsgeschwindigkeit.

Ein anderes Rapid-Prototyping Verfahren ist aus der EP-0 431 924 B1 bekannt. Bei diesem Verfahren wird eine Schicht von Partikelmaterial abgelagert. Durch selektives Einbringen eines Bindermaterials wird die Partikelmaterialschicht in einem ausgewählten Bereich gebunden und mit der zuletzt vorher gefertigten Schicht verbunden. Dieser Vorgang wird eine ausgewählte Anzahl von Malen wiederholt. Schliesslich wird Partikelmaterial entfernt, das nicht durch Bindermaterial benetzt wurde, und infolgedessen ungebunden ist. Das Bindermaterial kann mittels den aus der Drucktechnik bekannten Drop-on-Demand Dosierköpfen kostengünstig aufgebracht werden. Als Partikelmaterial wird beispielsweise Keramikpulver, als Bindermaterial beispielsweise eine kolloidale Suspension verwendet. Das Bindermaterial wird durch Zuführen von Strahlung oder durch schlichte chemische Reaktion zum Aushärten gebracht.

Ein Problem bei dem Verfahren gemäss EP-0 431 924 B1

wird durch das Bindermaterial hervorgerufen, das in erheblicher Menge aufgetragen werden muss, um die Bindung zu gewährleisten. Damit die benachbarten Partikel innerhalb einer Schicht oder benachbarter Schichten aneinander gebunden werden, muss Bindermaterial möglichst genau an die Berührstellen zwischen den benachbarten Partikeln gelangen. Um dies sicherzustellen, muss in Kauf genommen werden, dass sich die teilweise recht weiten Hohlräume zwischen den Partikeln weitgehend mit dem Bindermaterial füllen. Soll eine gute Aushärtung erreicht werden, muss somit viel Bindermaterial aufgebracht werden. Die üblicherweise zum Auftragen des Bindermaterials verwendeten Drop-on-Demand Druckvorrichtungen sind jedoch hinsichtlich des erzielbaren Materialausstosses beschränkt. Die erreichbare Baugeschwindigkeit ist daher bei den Verfahren mit Bindermaterialauftrag beschränkt, solange die kostengünstigen Drop-on-Demand Druckvorrichtungen eingesetzt werden.

In der Anmeldung DE 197 23 892 wird deshalb eine andere Vorgehensweise vorgeschlagen, um Giessformen zu erstellen. Anstelle des Partikelmaterials wird ein Verbundmaterial abgelagert, das mit einem Bindermaterial umhüllte Partikel aufweist. Dann wird ein Moderiermittel selektiv aufgetragen, das die spezifische Energie, die zum Verfestigen des Verbundmaterials durch Anschmelzen oder chemisch Reagieren des Bindermaterials erforderlich ist, von einem Ausgangswert auf einen diskreten anderen Wert herab- oder heraufsetzt. Anschliessend wird Energie mit einem Wert spezifischer Energie, der zwischen dem Ausgangswert und dem anderen Wert liegt, eingebracht, so dass entweder der mit Moderiermittel benetzte oder der davon freie Bereich verfestigt wird. Da von dem Moderiermittel eine ungleich geringere Menge aufgetragen werden muss, lassen sich auch bei Verwendung kostengünstiger Drop-on-Demand Druckköpfe hohe Fertigungsgeschwindigkeiten erzielen.

Da sich das Moderiermittel jedoch relativ unkontrolliert in der zuletzt aufgetragenen Schicht und der bereits gefertigten Struktur verteilt, lässt das Verfahren gemäss DE 197 23 892 keine besonders guten Fertigungsgenauigkeiten zu.

Mit der Erfindung wird das Problem gelöst, ein Rapid-Prototyping Verfahren zur Herstellung von Bauteilen, insbesondere Giessformen bzw. Giesskernen zu schaffen, das mit einer kostengünstigen Vorrichtung durchführbar ist und gleichzeitig hohe Fertigungsgeschwindigkeit und gute Fertigungsgenauigkeit miteinander vereint, sowie eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete kostengünstige Vorrichtung zu schaffen.

Das Verfahren betreffend wird das Problem erfindungsgemäss gelöst mit einem Verfahren zum Herstellen von Bauteilen, insbesondere von Giessformen oder Giesskernen, durch Auftragstechnik mit den Schritten:

- a) Ablagern einer Schicht eines schüttfähigen Partikelmaterials in einem Bereich auf einer Bauunterlage;
- b) vollflächiges Auftragen eines Bindermaterials auf die Schicht von Partikelmaterial;
- c) Auftragen eines das Bindermaterial aushärtenden Härters in Form flüssiger Tröpfchen mittels eines verfahrenbaren Dosiergeräts auf die Schicht von Partikelmaterial und Bindermaterial in einem ausgewählten Teilbereich des Bereichs, derart dass Bindermaterial und Partikelmaterial eine verfestigte Struktur bilden, wo der Härter aufgetragen wird;
- d) Fertigen weiterer Schichten jeweils durch Wiederholen der Schritte a) bis c), wobei eine weitere Schicht von Partikelmaterial jeweils auf der vorangehenden Schicht abgelagert und der Härter gegebenenfalls in ei-

nem anderen Teilbereich als bei der vorangehenden Schicht aufgetragen wird; und
e) Trennen der verfestigten Struktur von nicht verfestigten Anteilen des Partikelmaterials.

Unter vollflächigem Auftragen des Bindermaterials wird dabei ein Auftragen mittels einer Auftragstechnik verstanden, die sich nicht zum selektiven Auftragen eignet. Die ausgewählten Teilbereiche, in denen der Härter aufgetragen wird, entsprechen dem geometrischen Querschnitt des zu fertigenden Bauteils in der jeweiligen Schicht. Die Steuerung des verfahrenbaren Dosiergeräts zwecks Auftragen des Härters erfolgt auf der Basis der geometrischen Daten des Bauteils, die z. B. als CAD-Datei vorliegen.

Im Gegensatz zum SLS-Verfahren wird die selektive Verfestigung des Partikelmaterials erfindungsgemäss dadurch herbeigeführt, dass Materialien aufgetragen werden. Diese Vorgehensweise erspart eine aufwendige Apparatur, wie sie z. B. bei Verfestigung mittels Laserenergieeintrag erforderlich ist. Der flüssige Härter kann bei dem erfindungsgemässen Verfahren mittels einer herkömmlichen Drop-on-Demand Druckvorrichtung selektiv aufgebracht werden. Damit ist die Durchführung der Bauteilherstellung mittels einer sehr kostengünstigen Vorrichtung gewährleistet.

Bei Verwendung einer geeigneten Kombination von Bindermaterials und Härter muss der Härter nur in geringer Menge aufgetragen werden, um das in grösserer Menge vorhandene Bindermaterial auszuhärten. Nur der Härter, nicht aber das Bindermaterial wird mittels einer Drop-on-Demand Drucktechnik aufgetragen. Auch bei Verwendung von kostengünstigen Drop-on-Demand Druckvorrichtungen, deren Volumendurchsatz beschränkt ist, wird deshalb mit dem erfindungsgemässen Verfahren eine hohe Baugeschwindigkeit gewährleistet.

Dadurch dass auf ein Modierermittel verzichtet wird und statt dessen ein unmittelbar nach dem Auftreffen auf die zu festigende Partikelmaterialschicht an der Position seines Auftreffens seine Wirkung entfaltender Härter verwendet wird, lässt sich auch eine hohe Fertigungsgenauigkeit erzielen. Das Eintreten der Aushärtewirkung ist nicht von unkontrollierbaren Fliessvorgängen innerhalb der Partikelmaterialschicht abhängig.

Somit vereint das erfindungsgemässe Verfahren die Vorteile von kostengünstiger Vorrichtung, hoher Baugeschwindigkeit und hoher Fertigungsgenauigkeit. Dies wird mit keinem der eingangs beschriebenen Verfahren aus dem Stand der Technik erreicht.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemässen Verfahrens besteht darin, dass das vollflächige Auftragen des Bindermaterials Auftragstechniken ermöglicht, mit denen ein besonders gleichmässiges Auftragen ermöglicht wird. Dies kann bei Bauteilen, die als Giessform oder Giesskern Verwendung finden, sehr nützlich sein, weil es ermöglicht, die Giessparameter, d. h. den Ablauf des Giessvorgangs auf den exakt vorhandenen Anteil an Bindermaterial abzustimmen. Auf diese Weise können Lunkerbildung und Bildung von Oberflächenunebenheiten, die aufgrund des Verdampfens des Bindermaterials während des Abgiessens und Diffundierens in das Gussmetall auftreten können, gering gehalten werden.

Als Partikelmaterial kann erfindungsgemäss ein geeignetes Material, z. B. ein Schüttgut verwendet werden. Vorzugsweise wird als das Partikelmaterial ein Sand, z. B. ein Silikatsand abgelagert. Weiter vorzugsweise wird ein unbehandelter Quarzsand, unbehandelter Chromit-Sand oder unbehandelter Zirkonsand abgelagert. Die Verwendung dieser unbehandelten Materialien hat den Vorteil, dass gleichzeitig den Anforderungen an Materialien für Giessformen voll ge-

nügt ist und eine kostenintensive Nachbehandlung, z. B. eine Beschichtung, entfällt.

Erfindungsgemäss kann die Schicht von Partikelmaterial in einer Dicke abgelagert werden, die der Stärke eines einzigen Partikels entspricht oder die bis zu mehreren Zentimetern beträgt. Bevorzugt wird die Schicht von Partikelmaterial jedoch in einer Dicke zwischen 0,1 und 2 mm abgelagert. Durch die Wahl einer Schichtdicke innerhalb dieses Bereichs wird ein optimaler Kompromiss zwischen Fertigungsgenauigkeit und erreichbarer Aufbaugeschwindigkeit eingegangen. Grundsätzlich verkürzt sich bei zunehmenden Schichtdicken die Aufbauzeit. Gleichzeitig verschlechtert sich die Bauteilauflösung. Bei geringeren Schichtdicken als 0,1 mm führt das erforderliche häufigere Durchführen des Auftragens des Partikelmaterials zu überproportional langen Bauzeiten. Gleichzeitig ist aber die erreichbare weitere Steigerung der Bauteilauflösung in diesem Bereich wegen der Einflüsse von Prozessschwankungen nicht mehr gross. Bei grösseren Schichtdicken als 2 mm können das Bindermaterial und der Härter nur noch unter grossem Aufwand so aufgetragen werden, dass sie die Schicht vollständig durchdringen und die gesamte Schicht aushärten. Eine weitere Steigerung der Schichtdicke führt daher hier nicht mehr zur Erhöhung der Aufbaugeschwindigkeit.

Bevorzugt wird die Schichtstärke abhängig von der Komplexität der zu erstellenden Schichten und/oder dem Ausmass der Veränderungen von Schicht zu Schicht variiert. Wenn z. B. die auszuhärtende Gestalt mehrerer aufeinanderfolgender Schichten identisch ist, wird durch Vergrössern der Schichtdicke ohne Einbussen in der Genauigkeit die Aufbauzeit vermindert.

Erfindungsgemäss ist es möglich, dass das Bindermaterial als festes oder flüssiges Material aufgetragen wird. Das Bindermaterial kann erfindungsgemäss z. B. als Pulver mittels eines Schiebers oder als aufzulegende Folie aufgebracht werden. Bevorzugt wird das Bindermaterial als Spray mittels eines Verneblers (Aerosolherstellers) aufgetragen. Dies hat den Vorteil, dass zum Auftragen eine Vorrichtung verwendet werden kann, die mit sehr wenigen bewegten Bauteilen auskommt und daher kostengünstig ist.

Als Auftragstechniken für ein flüssiges Bindermaterial können z. B. sogenannte Airless-Techniken verwendet werden, bei denen das reine Bindermaterial unter Hochdruck durch eine Düse gepresst wird. Andere Techniken sind die Airbrush-Technik, bei denen ein Hochdruck-Luftstrom an einen Dorn geführtes Bindermaterial von diesem weg mit sich reisst, bzw. die Rotationstechnik. Mit diesen Techniken ist das Bindermaterial sehr fein und sehr exakt dosierbar.

Bevorzugt wird als das Bindermaterial ein Furanharz aufgetragen.

Erfindungsgemäss wird bevorzugt, dass das Bindermaterial in einer solchen Menge aufgetragen wird, dass der Binder in der verfestigten Struktur einen Anteil von weniger als 4 Gewichtsprozent hat. Weiter bevorzugt wird so viel Bindermaterial aufgetragen, dass ein Anteil des Bindermaterials in der verfestigten Struktur von 2,5 bis 3 Gewichtsprozent erreicht wird. Auf diese Weise wird ein optimaler Kompromiss zwischen Aspekten der Gussqualität und Aspekten der Giessformstabilität erreicht. Es ist ausreichend Bindermaterial vorhanden, um eine gute Bindungswirkung im Material und damit eine gute Festigkeit des Bauteils zu erreichen. Gleichzeitig ist wenig genug Bindermaterial vorhanden, um das beim Giessen auftretende Ausgasen des Bindermaterials und die damit verbundene Lunkerbildung in akzeptablen Grenzen zu halten.

Bevorzugt wird die relativ zur Partikelmaterialmenge aufgetragene Menge an Bindermaterial schichtweise variiert.

Als Härter kann erfindungsgemäss ein Material dienen,

das sich für das selektive Aufbringen eignet. Bevorzugt wird als der Härter eine organische Säure aufgetragen. Organische Säuren bieten bei sehr geringem Materialvolumen im Zusammenwirken mit einem Bindermaterial wie Furanharz eine sehr starke Bindungswirkung.

Erfindungsgemäss kann das Verfahren zur Herstellung üblicher Bauteile verwendet werden, z. B. von Design- oder Konstruktionsmodellen. Bevorzugt wird das Verfahren zur Herstellung einer Giessform oder eines Giesskerns verwendet.

Die Vorrichtung betreffend wird das Problem erfindungsgemäss gelöst mit einer Vorrichtung zum Herstellen von Bauteilen in Auftragstechnik mit einer Bauunterlage, einer Auftragsvorrichtung, von der ein schüttfähiges Partikelmaterial schichtweise auf der Bauunterlage oder einer Vorgängerschicht ablagerbar ist, einem entlang der jeweils zuletzt abgelagerten Schicht von Partikelmaterial verfahrenbaren Dosiergerät, von dem ein flüssiger Härter auf ausgewählte Bereiche der Schicht auftragbar ist, und einer Sprayvorrichtung, von der ein Bindermaterial zerstäubbar und vollflächig auf die Schicht auftragbar ist.

Als das verfahrenbare Dosiergerät kann erfindungsgemäss eine geeignete Vorrichtung dienen. Bevorzugt finden herkömmliche Drucksysteme Verwendung, zum Beispiel mit Drop-on-Demand-Technik (Bubble-Jet- oder Piezo-Technik) oder mit Continuous-Jet-Technik. Bevorzugt wird als verfahrenbares Dosiergerät ein Drop-on-Demand Druckkopf verwendet. Weiter vorzugsweise findet ein Druckkopf mit Piezo-Technik Verwendung. Besonders wird ein Druckkopf mit Piezo-Paddel-Technik bevorzugt. Unter Piezo-Paddel-Technik ist die Verwendung eines Piezo-Biegewandlers zu verstehen, der mit dem einen Ende befestigt ist und dessen anderem auskragenden Ende benachbart die Düsenöffnung angeordnet ist, durch die der Piezobiegewandler mittels einer Paddelbewegung Fluid ausstösst.

Eine Ausführungsform der Erfindung wird in Verbindung mit der Zeichnung beschrieben. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des erfindungsgemässen Verfahrens; und

Fig. 2 eine Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung; und

Fig. 3 eine Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung.

Aus **Fig. 1** ist das Prinzip des erfindungsgemässen Verfahrens ersichtlich.

In dem linken Teil der **Fig. 1** ist der Aufbau der bei der Durchführung des Verfahrens hergestellten Schichtenstruktur vor Entfernen der nicht verfestigten Anteile des Baumaterials dargestellt. In einem durch Wände eines Behälters abgegrenzten Bereich ist schichtenweise schüttfähiges Partikelmaterial abgelagert worden und ein Bindermaterial vollflächig aufgetragen worden. Die einzelnen Schichten sind durch waagerechte zwischen den Schichten angeordnete Trennlinien dargestellt. In den schraffiert gezeichneten Teilbereichen der einzelnen Schichten ist jeweils nach Ablagern der Schicht tröpfchenweise Härter aufgetragen worden. In diesen Bereichen ist die Schicht von Partikelmaterial und Bindermaterial infolge des Härterauftrages verfestigt worden und eine verbundene Struktur gebildet worden.

In dem rechten Teil der Figur ist die Gestalt des entstandenen Bauteils nach Entfernen der nicht verfestigten Anteile des Baumaterials dargestellt.

Aus **Fig. 2** ist eine Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung ersichtlich (Vorderansicht).

Oberhalb von einer eben ausgebildeten Bauunterlage **1** ist eine Auftragsvorrichtung **2** angeordnet. Die Auftragsvorrichtung **1** weist eine Partikelmaterialzuführung **21** und eine Schiebervorrichtung **22** auf. Über die Partikelmaterialzufüh-

rung **21** wird schüttfähiges Partikelmaterial auf die Bauunterlage **1** bzw. auf eine auf dieser aufgebaute Vorgängerschicht aufgebracht. Mittels der Schiebervorrichtung **22** ist das aufgebrachte Partikelmaterial gleichmässig auf der Bauunterlage **1** bzw. der Vorgängerschicht verteilt, so dass eine Schicht von Partikelmaterial gebildet wird.

An dem Verfahrensschlitten **43** ist ein Querverfahrensschlitten **5** und an diesem ein Dosiergerät **3** angeordnet. Das Dosiergerät **3** ist als Piezopaddel Drop-on-Demand Druckkopf ausgebildet. Über dem Verfahrensschlitten **43** und dem Querverfahrensschlitten **5** ist das Dosiergerät oberhalb der gesamten Fläche der Bauunterlage verfahrbar.

Aus **Fig. 3** ist eine Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung ersichtlich (Rückansicht).

Oberhalb der Bauunterlage **1** ist eine Sprayvorrichtung **4** angeordnet. Die Sprayvorrichtung weist eine Verfahrensvorrichtung **41** auf, mittels der ein Verfahrensschlitten **42**, der sich in Querrichtung der Bauunterlage **1** über diese hinweg verfahrbar ist. Dem Verfahrensschlitten **42** entlang ist eine Düsenanordnung **43** vorgesehen, deren Düsen gleichmässig über die volle Querabmessung der Bauunterlage **1** verteilt sind. Die Düsen der Düsenanordnung **43** sind zu der Bauunterlage **1** hin ausgerichtet. Die Düsen sind über ein (nicht gezeigtes) Leitungssystem an einen (nicht gezeigten) Hochdruckerzeuger und einen Vorratsbehälter für Bindermaterial (nicht gezeigt) angeschlossen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen von Bauteilen, insbesondere von Giessformen oder Giesskernen, durch Auftragstechnik mit den Schritten:

- a) Ablagern einer Schicht eines schüttfähigen Partikelmaterials in einem Bereich auf einer Bauunterlage;
- b) vollflächiges Auftragen eines Bindermaterials auf die Schicht von Partikelmaterial;
- c) Auftragen eines das Bindermaterial aushärtenden Härters in Form flüssiger Tröpfchen mittels eines verfahrenbaren Dosiergeräts auf die Schicht von Partikelmaterial und Bindermaterial in einem ausgewählten Teilbereich des Bereichs, derart dass Bindermaterial und Partikelmaterial eine verfestigte Struktur bilden, wo der Härter aufgetragen wird;
- d) Fertigen weiterer Schichten jeweils durch Wiederholen der Schritte a) bis c), wobei eine weitere Schicht von Partikelmaterial jeweils auf der vorangehenden Schicht abgelagert und der Härter gegebenenfalls in einem anderen Teilbereich als bei der vorangehenden Schicht aufgetragen wird; und
- e) Trennen der verfestigten Struktur von nicht verfestigten Anteilen des Partikelmaterials.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei als das Partikelmaterial ein Sand, vorzugsweise ein unbehandelter Quarzsand, verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Bindermaterial als Spray mittels eines Verneblers aufgetragen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei als das Bindermaterial ein Furanharz aufgetragen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Bindermaterial in einer solchen Menge aufgetragen wird, dass der Binder in der verfestigten Struktur einen Anteil von weniger als 4 Gewichtsprozent, vorzugsweise von 2,5 bis 3 Gewichtsprozent einnimmt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei

als der Härter eine organische Säure aufgetragen wird.
 7. Verwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Herstellung einer Giessform oder eines Giesskerns.

8. Vorrichtung zum Herstellen von Bauteilen in Auf- 5
 tragstechnik mit einer Bauunterlage (1), einer Auf-
 tragsvorrichtung (2), von der ein schüttfähiges Partikel-
 material schichtweise auf der Bauunterlage (1) oder
 einer Vorgängerschicht ablagerbar ist, einem entlang 10
 der jeweils zuletzt abgelagerten Schicht von Partikel-
 material verfahrbaren Dosiergerät (3), von dem ein
 flüssiger Härter auf ausgewählte Bereiche der Schicht
 auftragbar ist, und einer Sprayvorrichtung (4), von der 15
 ein Bindermaterial zerstäubbar und vollflächig auf die
 Schicht auftragbar ist.

9. Vorrichtung gemäss Anspruch 8, wobei das Dosier-
 gerät ein Drop-on-Demand Druckkopf mit Piezo-Technik ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen 20

25

30

35

40

45

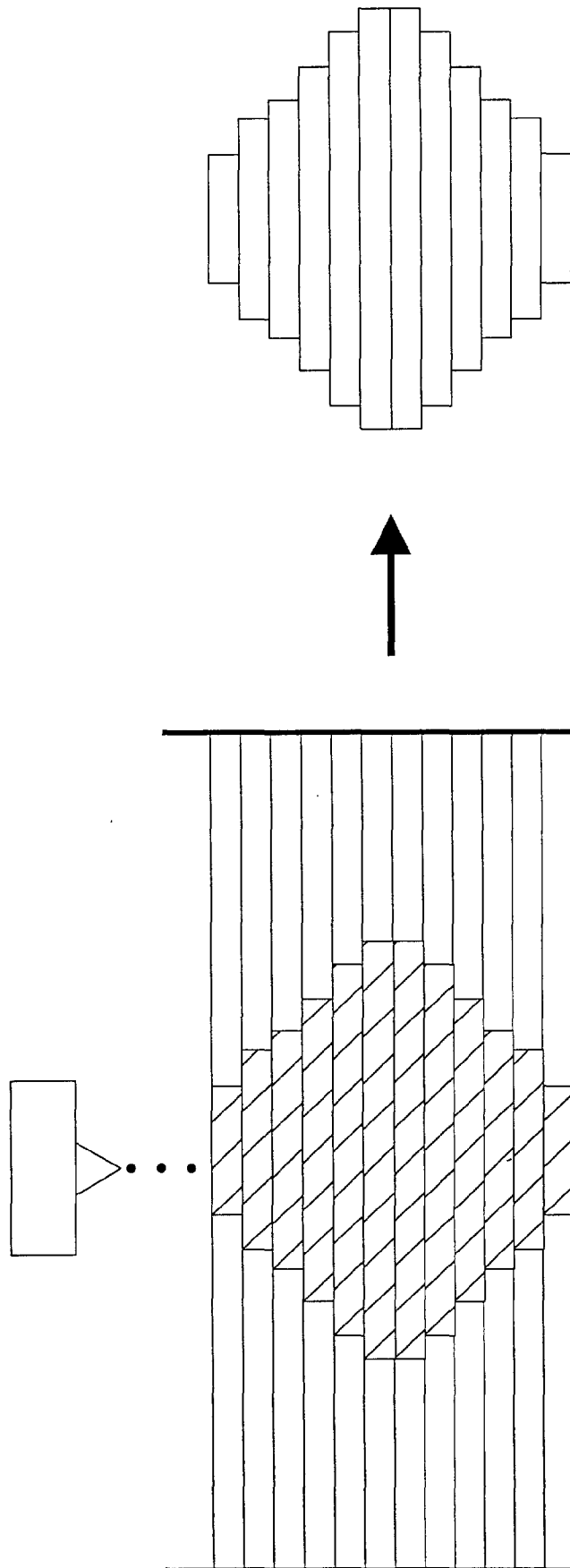
50

55

60

65

- Leerseite -



FIGUR 1

